

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

542 350

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
12 août 2004 (12.08.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/066831 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : **A61B 1/005**

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2004/000072

(22) Date de dépôt international :
15 janvier 2004 (15.01.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
03/00421 15 janvier 2003 (15.01.2003) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3, rue Michel-Ange, F-75794 Paris

Cedex 16 (FR). **ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE MECANIQUE ET DES MICROTECHNIQUES** [FR/FR]; 26, chemin de l'Épitaphe, F-25030 Besançon (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **ABADIE, Joël** [FR/FR]; 7, chemin de la Combe Portier, F-25000 Besançon (FR). **CHAILLET, Nicolas** [FR/FR]; 14, rue de l'Ancien Moulin, F-25870 Bonnay (FR). **LEXCELLENT, Christian** [FR/FR]; 2, rue Pierre Leroy, F-25002 Besançon (FR).

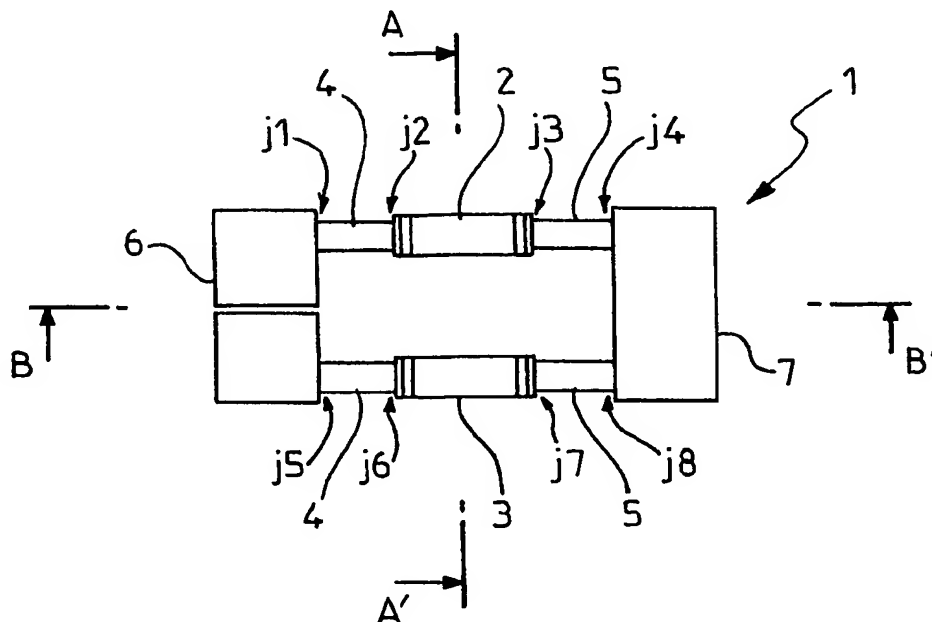
(74) Mandataire : **BREESE, Pierre/MAJEROWICZ, Marc**; Breesé-Majerowicz, 3, avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: LONGITUDINALLY-STEERABLE STRUCTURE AND ENDOSCOPE COMPRISING SAID STRUCTURE

(54) Titre : STRUCTURE LONGITUDINALE ORIENTABLE ET ENDOSCOPE COMPORTANT UNE TELLE STRUCTURE



(57) Abstract: The invention relates to a longitudinally-steerable structure (1), comprising essentially longitudinal actuators made from shape memory alloy, Peltier effect elements (4, 5) with N and P doping and electrical control means. The above is characterised in that said actuators are arranged in pairs in an antagonistic manner, each actuator being connected at the ends thereof with a Peltier effect element (4) with N doping and a Peltier effect element (5) with P doping respectively. The invention further relates to an endoscope comprising at least one such structure (1).

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/066831 A1



AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : La présente invention se rapporte à une structure longitudinale orientable (1) comprenant des actionneurs substantiellement longitudinaux en alliage à mémoire de forme, des éléments à effet Peltier dopés N et P (4, 5) ainsi que des moyens de commande électrique, caractérisée en ce que lesdits actionneurs sont agencés par paire et disposés de manière antagoniste, chaque actionneur étant en contact sensiblement à ses extrémités avec respectivement un élément à effet Peltier dopé N (4) et un élément à effet Peltier dopé P (5). La présente invention se rapporte également à un endoscope comprenant au moins une telle structure (1).

STRUCTURE LONGITUDINALE ORIENTABLE ET ENDOSCOPE COMPORTANT
UNE TELLE STRUCTURE

5 La présente invention concerne une structure
longitudinale orientable et son procédé de fabrication,
ladite structure comprenant des actionneurs
substantiellement longitudinaux en alliage à mémoire de
forme (AMF), des éléments à effet Peltier dopés N et P
10 ainsi que des moyens de commande électrique.

Une telle structure est notamment destinée aux
endoscopes, qu'ils soient utilisés dans le domaine médical
ou dans le domaine industriel.

15 Les endoscopes sont des systèmes optiques
permettant l'exploration visuelle de zones inaccessibles.
Ils comportent notamment un corps flexible de longueur
variable destiné à être introduit dans la zone à contrôler
et à l'extrémité duquel est monté un système de vision.
20 L'extrémité de la tête de l'endoscope est articulée de
manière à pointer le système de vision dans plusieurs
directions, permettant ainsi de visualiser dans la zone à
contrôler.

L'art antérieur connaît déjà de nombreuses
25 solutions permettant l'orientation de têtes d'endoscopes.

Outre les systèmes classiques de commande
mécanique par l'intermédiaire de câbles en acier qui
relient la tête de l'endoscope à l'organe de commande de
l'opérateur, l'art antérieur connaît également des
30 solutions basées en particulier sur l'utilisation
d'alliages à mémoire de forme.

Il est proposé, dans le brevet américain
US5624380, un manipulateur à plusieurs degrés de liberté
présentant une pluralité de parties flexibles pouvant être
35 sélectivement fléchies.

Ledit manipulateur est constitué d'un tube flexible comportant :

- une pluralité de parties flexibles disposées en rangées,

5 - une pluralité d'actionneurs en AMF,
 - des moyens de transmission d'énergie (tels que fils conducteurs) aux actionneurs, s'étendant le long du tube flexible,

 - des éléments fournissant l'énergie,
10 disposés en série entre lesdits moyens de transmission d'énergie et lesdits actionneurs, afin de contrôler l'énergie fournie aux actionneurs par lesdits moyens de transmission d'énergie.

 Selon un mode de réalisation de
15 l'invention, le manipulateur comporte une pluralité de parties flexibles sensiblement cylindriques disposées selon une direction axiale. Une paire d'éléments déformables thermiquement, chacun étant constitué d'une lame en AMF, est disposée entre les parties flexibles
20 avant et les parties flexibles arrières adjacentes pour courber lesdites parties flexibles.

 Il est également proposé dans la demande de brevet japonais JP200135288 un élément mobile cylindrique pour endoscope ou cathéter, ledit élément
25 cylindrique pouvant être fléchi ou tourné dans une direction demandée avec une vitesse de réponse rapide.

 Pour ce faire, ledit élément cylindrique comporte une pluralité d'éléments en AMF ainsi que des éléments Peltier dopés P et dopés N. Ces éléments sont
30 agencés alternativement et sont maintenus entre des anneaux plastiques présentant une cavité centrale.

 Les éléments Peltier dopés P et dopés N sont connectés en séries par des électrodes de telle sorte que les parties générant la chaleur et les parties

absorbant la chaleur sont dans la même position. Les éléments sont courbés dans une direction demandée par l'application sélectivement de courants aux éléments Peltier.

5 Les systèmes précédemment décrits présentent cependant de nombreux inconvénients.

En ce qui concerne les systèmes classiques mécaniques, ces derniers présentent l'inconvénient de générer des frottements importants entre les câbles de
10 commande et la gaine de l'endoscope, limitant de ce fait la longueur utile d'exploration.

En outre, le contrôle local entre chaque articulation est impossible, engendrant de ce fait un risque de contact avec certaines zones de l'environnement
15 exploré, risques particulièrement préjudiciables dans le cadre d'explorations fonctionnelles médicales.

Concernant les systèmes développés dans la demande de brevet japonais ou le brevet américain cités ci-dessus, ces derniers présentent également certains
20 désavantages.

En particulier, les actionneurs en AMF utilisés sont généralement sous la forme de fils. Or, de tels fils présentent, en fonction de la température, des allongements relativement restreints. Pour obtenir des
25 actionneurs produisant des déplacements suffisants, il est alors nécessaire d'avoir des fils relativement longs.

En outre, de tels systèmes présentent l'inconvénient de conduire à des endoscopes relativement encombrants du fait de la nature des actionneurs et de
30 leurs dispositions dans l'endoscope. De tels actionneurs limitent en effet généralement l'espace interne de l'endoscope ou augmentent le diamètre externe de celui-ci.

La présente invention entend remédier aux inconvénients de l'art antérieur en proposant une structure orientable, fonctionnant à partir d'une simple commande électrique, et permettant d'obtenir des endoscopes comportant un nombre limité de pièces nécessaires au fonctionnement ainsi qu'un diamètre fortement réduit pour former des endoscopes à faible encombrement tout en garantissant une bonne résolution de positionnement de la tête.

10

Pour ce faire, la présente invention est du type décrit ci-dessus et elle est remarquable, dans son acception la plus large, en ce que lesdits actionneurs sont agencés par paire et disposés de manière antagoniste, chaque actionneur étant en contact sensiblement à ses extrémités avec respectivement un élément à effet Peltier dopé N et un élément à effet Peltier dopé P.

15

De préférence, lesdits actionneurs sont des lames, de préférence monoblocs.

20

L'assemblage des actionneurs avec les éléments à effet Peltier est réalisé préférentiellement par soudure.

Avantageusement, chaque élément à effet Peltier dopé N et dopé P est en contact avec un élément partiellement annulaire conducteur, lequel est de préférence en cuivre. La mise en contact est préférentiellement réalisée par soudure.

25

Avantageusement, lesdits actionneurs, associés aux éléments à effet Peltier, sont disposés de manière diamétralement opposée par rapport à l'axe longitudinal de la structure.

30

Avantageusement, lesdits actionneurs sont constitués d'alliage de nickel titane (NiTi), et lesdits éléments à effet Peltier de Tellure de Bismuth.

En outre, ladite structure comporte de la résine époxy recouvrant lesdits éléments à effet Peltier, y compris les jonctions thermoélectriques avec lesdits actionneurs, ceci afin de renforcer lesdits éléments à effet Peltier.

La présente invention se rapporte également à un endoscope comprenant un corps longitudinal présentant à son extrémité distale un système de vision, caractérisé en ce qu'au moins une partie du corps longitudinal est formée avec au moins une structure longitudinale orientable décrite précédemment.

De préférence, au moins une partie du corps longitudinal dudit endoscope est formée d'une pluralité de structures longitudinales orientables, lesdites structures étant empilées les unes sur les autres de telle sorte que l'élément conducteur d'une desdites structures portant les éléments dopés N est adjacent avec l'élément conducteur portant les éléments à effet Peltier dopés P de la structure précédente.

Avantageusement, les actionneurs d'une structure au moins présentent avec les actionneurs d'une structure précédente et/ou suivante des déformations dans des directions différentes.

La présente invention se rapporte également au procédé de fabrication d'une structure longitudinale orientable telles que décrite ci-dessus et dont les actionneurs en AMF sont des lames. Ledit procédé comporte successivement :

- une étape de préparation des actionneurs en AMF consistant à découper des lames présentant une forme courbée dans une plaque en AMF, de préférence en NiTi, ladite forme courbée des lames correspondant à une forme dite mémorisée ;

- une étape de refroidissement desdites lames jusqu'à l'obtention de lames sensiblement droites ;

- une étape d'assemblage desdites lames obtenues lors de l'étape précédente aux dits éléments à effet Peltier, ladite étape d'assemblage consistant à intégrer lesdites lames entre lesdits éléments à effet Peltier dopés N et P.

Ledit procédé de fabrication requiert en outre une étape d'assemblage desdits éléments à effet Peltier à des éléments annulaires conducteurs, de préférence en cuivre, ainsi qu'une étape de coulage de résine pour recouvrir lesdits éléments à effet Peltier, y compris les jonctions thermoélectriques avec lesdits actionneurs.

De préférence, l'étape d'assemblage desdites lames et desdits éléments conducteurs aux dits éléments à effet Peltier consiste en une opération de soudage.

On comprendra mieux l'invention à l'aide de la description, faite ci-après à titre purement explicatif, d'un mode de réalisation de l'invention, en référence aux figures annexées :

- la figure 1 illustre une vue de dessus d'une structure longitudinale selon l'invention ;

- la figure 2 illustre une vue en coupe de la structure de la figure 1 selon l'axe AA' ;

- la figure 3 illustre une vue en coupe de la structure de la figure 1 selon l'axe BB' ;

- la figure 4 illustre une vue en coupe de la structure de la figure 1 selon l'axe BB', ladite structure présentant un mouvement de flexion ;

- la figure 5 illustre une vue schématisée d'un corps longitudinal d'un endoscope formé d'un empilement de structures selon l'invention.

La structure longitudinale orientable (1) selon l'invention, illustrée figure 1, comporte deux lames (2, 3) en alliage à mémoire de forme (AMF).

Lesdites lames (2, 3) en AMF sont disposées respectivement entre des éléments à effet Peltier dopés N (4) et P (5), de sorte que les extrémités de chaque lame (2, 3) sont en contact respectivement avec l'une des extrémités d'un élément à effet Peltier dopé N (4) et l'une des extrémités d'un élément à effet Peltier dopé P (5).

Deux éléments annulaires conducteurs (6, 7) sont respectivement disposés de part et d'autre des extrémités libres desdits éléments dopés N et P (4, 5).

Pour un parcours de courant électrique correct, les éléments annulaires (6, 7) sont de préférence partagés en deux demi-éléments annulaires isolés électriquement. Sur la figure 1, il a été représenté une structure (1) comportant deux demi-éléments annulaires (6) et un élément annulaire (7). Pour d'autres applications, nécessitant notamment l'empilage d'une pluralité de structures (1) comme représenté sur la figure 5, ladite structure comportera préférentiellement quatre demi-éléments annulaires (6, 7).

On obtient ainsi un circuit thermoélectrique formé d'un empilement du premier élément conducteur (6), mis en contact avec deux éléments à effet Peltier dopés N (4), lesquels sont fixées respectivement à l'une des extrémités d'une desdites lames (2, 3), l'autre extrémité desdites lames (2, 3) étant connectée respectivement aux deux éléments à effet Peltier dopés P (5) également en contact avec le deuxième élément conducteur (7).

De préférence, lesdites lames (2,3), associées aux éléments à effet Peltier (4, 5), sont disposées de manière diamétralement opposée par rapport à l'axe

longitudinal de ladite structure (1), comme illustré sur la figure 2.

Avantageusement, lesdites lames en AMF (2, 3) sont des lames monoblocs constituées à base d'alliage de nickel titane.

Avantageusement, lesdits éléments à effet Peltier (4, 5) sont constitués de Tellure de Bismuth (TeBi), et lesdits éléments conducteurs (6, 7) de cuivre.

Bien que non représenté sur la figure 1, ladite structure (1) est connectée à des moyens de commande électrique, du type générateur de courant (10) comme illustré sur la figure 5.

Le principe de fabrication de la structure (1) selon l'invention se fait comme suit.

Les lames (2, 3) sont découpées soit à haute température T, soit à température ambiante Ta après un refroidissement sans contrainte, dans une plaque en NiTi selon une forme courbée. La forme initiale de ces lames (2, 3) correspond à une forme dite mémorisée. Ainsi, si la température est diminuée jusqu'à la température ambiante Ta, il est possible de tordre lesdites lames (2, 3) jusqu'à l'obtention d'une courbure inverse à la courbure relative à la forme mémorisée. Pour redonner aux dites lames (2, 3) leur forme mémorisée, il suffit de les chauffer à nouveau jusqu'à la température T.

Une fois découpés, lesdites lames (2, 3) sont refroidies puis déformées jusqu'à l'obtention d'une forme sensiblement droite (cf. figure 3).

Lesdites lames (2, 3), ainsi tordues pour obtenir des formes sensiblement droites, sont alors couplées aux éléments à effet Peltier (4, 5), réalisant ainsi des jonctions thermoélectriques (j2, j3, j6, j7). Plus particulièrement, chaque lame (2, 3) est intégrée entre un élément à effet Peltier dopé N (4) et un élément à effet Peltier dopé P (5), en prenant bien soin de monter

lesdites lames (2, 3) en opposition par rapport à leur forme mémorisée respective. Ainsi, pour un sens du courant fixé, l'opérateur dirigera ladite structure (1) selon la direction souhaitée : une des lames (celle qui chauffe)
5 (2, 3) provoquera la flexion du module grâce à l'effet mémoire, pendant que l'autre (celle qui refroidit) (3, 2), subira une déformation dans le sens opposé à sa forme mémorisée,

Préalablement, la fabrication de ladite
10 structure (1) comporte une étape d'assemblage desdits éléments à effet Peltier (4, 5) aux dits des éléments conducteurs (6, 7), réalisant ainsi des jonctions thermoélectriques (j1, j4, j5, j8).

La structure (1) obtenue forme ainsi un
15 circuit thermoélectrique, lequel transforme l'énergie électrique transmise par lesdits moyens de commande électrique en énergie thermique qui est alors communiquée aux dites lames (2, 3). Lesdites lames (1, 2), faisant partie intégrante du système de conversion
20 thermoélectrique, convertissent alors l'énergie thermique reçue en énergie mécanique, générant le mouvement de flexion de la structure (1).

La figure 3 illustre une vue en coupe de
25 ladite structure (1) selon l'axe BB' de la figure 1.

Sur cette figure, est représentée la structure (1) comprenant, sur une partie, de la résine époxy (8). Cette résine (8) est destinée à renforcer lesdits éléments à effet Peltier (4, 5) ainsi que les jonctions
30 thermoélectriques (j1 à j8) constituant ladite structure (1). En effet, le mouvement de flexion est transmis, comme l'illustre la figure 4, entre les lames (2, 3) en AMF et les éléments conducteurs (6, 7), lesdits éléments à effet Peltier (4, 5) subissant de ce fait une charge importante.

L'adjonction de résine époxy permet donc de renforcer lesdits éléments à effet Peltier (4, 5).

5 Par l'utilisation desdits moyens de commande électrique auxquels ladite structure (1) est reliée, un courant est transmis dans le circuit thermoélectrique, lequel fournit l'énergie thermique aux dites lames (2, 3), lesquelles, en réponse, génèrent à ladite structure (1) un mouvement de flexion (figure 4).

10 Selon que le courant appliqué à ladite structure (1) soit positif ou négatif, le mouvement de flexion se fera dans un sens ou dans un autre. Ainsi, lors de l'application d'un courant positif (négatif) à ladite structure (1), l'une des lames va refroidir (s'échauffer),
15 subissant une flexion opposée à sa forme mémorisée (flexion vers sa forme mémorisée), tandis que l'autre lame va s'échauffer (refroidir), subissant alors une flexion vers sa forme mémorisée (flexion opposée à sa forme mémorisée).

20 Lesdites lames (2, 3) ayant été disposées entre lesdits éléments à effet Peltier (4, 5) lors de l'étape d'assemblage de manière à subir dans un même sens des déformations opposées, la lame (2, 3) qui, pour un sens du courant fixé, s'échauffe, va provoquer la flexion
25 de ladite structure (1) grâce à l'effet mémoire, pendant que l'autre lame (3, 2), qui en conséquence refroidit, subit une déformation de type réorientation de la martensite. Le sens de la flexion de ladite structure (1) est donc donné par la lame (2, 3) qui s'échauffe jouant le
30 rôle de « lame motrice », la deuxième lame (3, 2) jouant le rôle de « lame esclave ».

La figure 5 illustre une vue schématisée d'un corps longitudinal (9) d'un endoscope formé par

exemple d'un empilement de trois structures longitudinales orientables (1), chacune desdites structures étant identique et simplement connectée électriquement à la précédente ou la suivante, avec une possibilité
5 d'orientation autour de l'axe longitudinal.

L'empilement est réalisé de telle sorte que l'élément conducteur (6) de ladite structure (1) portant les éléments dopés N est adjacent avec l'élément conducteur (7) portant les éléments à effet Peltier dopés
10 P de la structure précédente.

Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, les lames en AMF d'une première structure (1) présentent avec les lames en AMF d'une seconde structure (1) précédente et/ou suivante des déformations dans des
15 directions différentes.

Bien entendu, les lames en AMF d'une structure (1) peuvent présenter avec les lames en AMF d'une autre structure (1) précédente et/ou suivante des déformations dans des directions identiques.
20

L'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemple. Il est entendu que l'homme du métier est à même de réaliser différentes variantes de l'invention sans pour autant sortir du cadre du brevet.
25

REVENDICATIONS

1. Structure longitudinale orientable (1) comprenant des actionneurs substantiellement longitudinaux en alliage à mémoire de forme, des éléments à effet Peltier dopés N et P (4, 5) ainsi que des moyens de commande électrique, caractérisée en ce que lesdits actionneurs sont agencés par paire et disposés de manière antagoniste, chaque actionneur étant en contact sensiblement à ses extrémités avec respectivement un élément à effet Peltier dopé N (4) et un élément à effet Peltier dopé P (5).

2. Structure longitudinale orientable (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits actionneurs sont des lames (2, 3), de préférence monoblocs.

3. Structure longitudinale orientable selon la revendication 1 ou selon la revendication 2, caractérisée en ce que chaque élément à effet Peltier dopé N (4) et dopé P (5) est en contact avec un élément partiellement annulaire conducteur (6, 7), de préférence en cuivre.

4. Structure longitudinale orientable selon la revendication 3, caractérisée en ce que chaque élément à effet Peltier dopé N (4) et dopé P (5) est soudé audit élément conducteur (6, 7).

5. Structure longitudinale orientable (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que lesdits actionneurs, associés aux éléments à effet Peltier (4, 5), sont disposés de manière

diamétralement opposée par rapport à l'axe longitudinal de la structure (1).

6. Structure longitudinale orientable (1)
5 selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits actionneurs sont soudés aux dits éléments à effet Peltier dopé N et P (4, 5).

7. Structure longitudinale orientable (1)
10 selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits actionneurs sont constitués d'alliage de nickel titane(NiTi).

8. Structure longitudinale orientable (1)
15 selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits éléments à effet Peltier (4, 5) sont constitués de Tellure de Bismuth.

9. Structure longitudinale orientable (1)
20 selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite structure (1) comporte en outre de la résine époxy (8) recouvrant lesdits éléments à effet Peltier (4, 5), y compris les jonctions thermoélectriques (j2, j3, j6, j7) avec lesdits
25 actionneurs.

10. Endoscope comprenant un corps longitudinal (9) présentant à son extrémité distale un système de vision, caractérisé en ce qu'au moins une
30 partie du corps longitudinal (9) est formée avec au moins une structure longitudinale orientable (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

11. Endoscope selon la revendication
35 précédente, caractérisé en ce qu'au moins une partie du

corps longitudinal (9) est formée d'une pluralité de structures orientables (1), lesdites structures (1) étant empilées les unes sur les autres de telle sorte que l'élément conducteur d'une desdites structures (1) portant les éléments dopés N est adjacent avec l'élément conducteur portant les éléments à effet Peltier dopés P de la structure (1) précédente.

12. Endoscope selon la revendication 10 ou la revendication 11, caractérisé en ce que les actionneurs d'une structure (1) au moins présentent avec les actionneurs d'une structure (1) précédente et/ou suivante des déformations dans des directions différentes.

13. Procédé de fabrication d'une structure longitudinale orientable (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 9, caractérisé en ce que ledit procédé comporte successivement :

- une étape de préparation des actionneurs en AMF consistant à découper des lames (2, 3) présentant une forme courbée dans une plaque en AMF, de préférence en NiTi, ladite forme courbée des lames (2, 3) correspondant à une forme dite mémorisée ;
- une étape de refroidissement desdites lames (2, 3) jusqu'à l'obtention de lames (2, 3) sensiblement droites ;
- une étape d'assemblage desdites lames (2, 3) obtenues lors de l'étape précédente aux dits éléments à effet Peltier (4, 5), ladite étape d'assemblage consistant à intégrer lesdites lames (2, 3) entre lesdits éléments à effet Peltier dopés N et P (4, 5).

14. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape d'assemblage desdits éléments à effet

Peltier (4, 5) à des éléments partiellement annulaires conducteurs (6, 7), de préférence en cuivre.

5 15. Procédé de fabrication selon la revendication 13 ou la revendication 14, caractérisé en ce que les étapes d'assemblage consistent en une opération de soudage.

10 16. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que ledit procédé comporte en outre une étape de coulage de résine (8) pour recouvrir lesdits éléments à effet Peltier (4, 5), y compris les jonctions thermoélectriques (j2, j3, j6, j7) avec lesdits actionneurs.

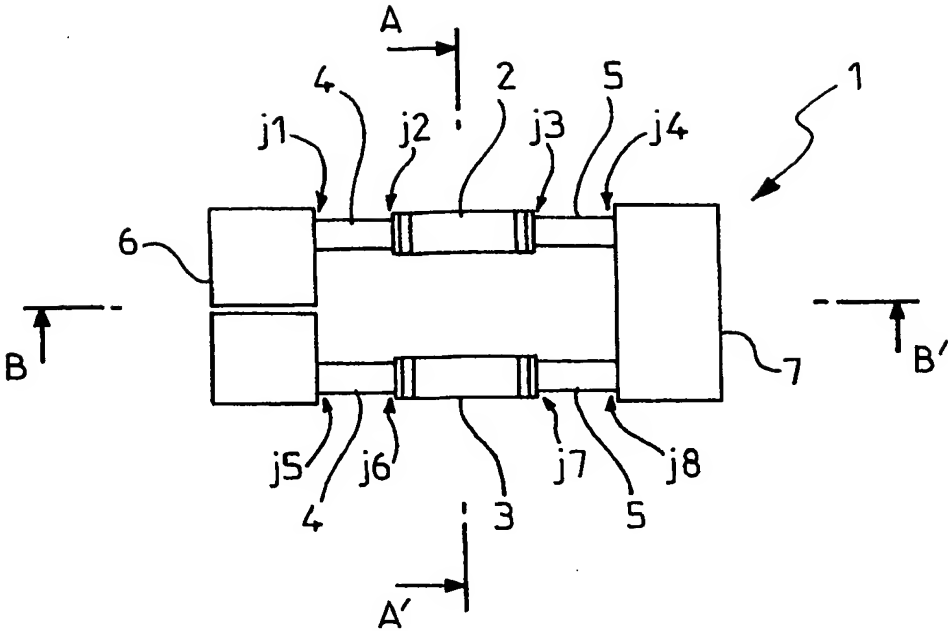


FIG.1

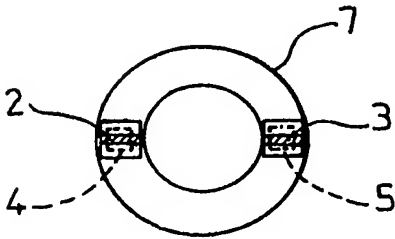


FIG.2

2/3

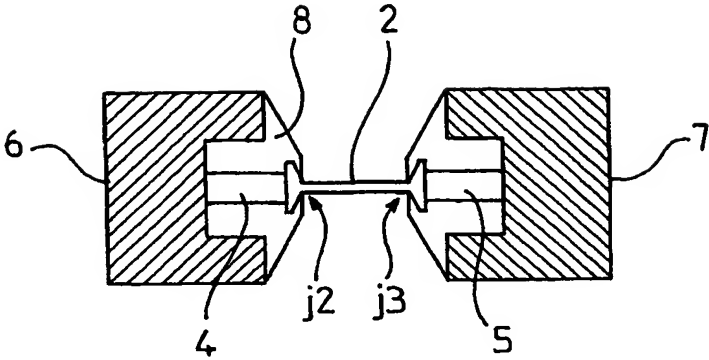


FIG. 3

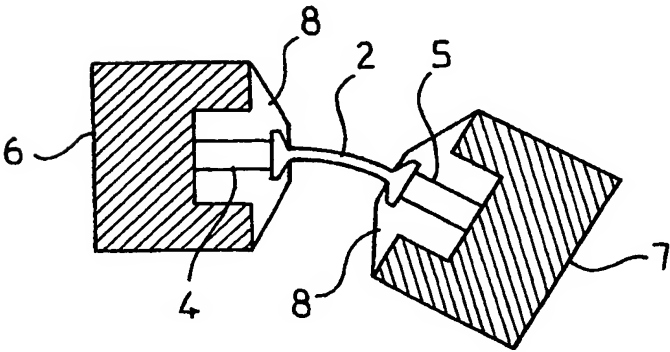


FIG. 4

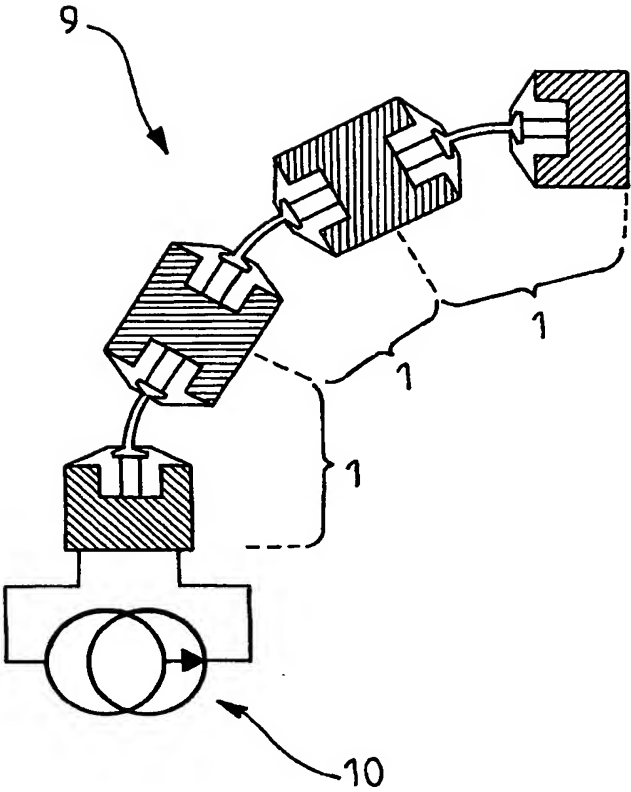


FIG.5